

マウナ・ケア便り

佐藤 修 二*

荒涼としたマウナ・ケアの頂上、花の香をはらんだ潮風、若い Astronomers の顔……今、ハワイの45日を思いかえしている。

この度、文部省の海外学術調査で、マウナ・ケア観測所にて、約1月間の観測を行なった。この間、折にふれての見聞録を知らせよう。

▷ マウナケア……国際科学村

MKO (Mauna Kea Observatory) の名は、天文学のセンターとして知っているだろう。今や、チリと並ぶ一大基地となった。ここには1969年から、ハワイ大学の2.23 m と 61 cm の望遠鏡が置かれていたが、10年後の1979年にフランス・カナダ (CFHT) 3.6 m, イギリス (UKIRT) 3.8 m, アメリカ (IRTF) 3.0 m が相次いで、完成した。そして、近い将来、ミリ波望遠鏡が予定されている。この基地の特徴は、①多国籍であること ②大型装置であること ③波長域が広い(光からミリ波にわたる)ことだ。ここが、地球上で最高の観測条件を備えているために、各国がエース級の機械をこの地に設置したのだ。

地図帖を開いてごらん。ハワイは、太平洋のまっ只中に浮かぶ小さな群島だ。その最大の島がハワイ島、別名 Big Island とも言う。ここに、マウナケア (Mauna=山, Kea=白い、というハワイ語) という、標高 4200 m の火山がある。

この頂上の様子を知らせよう。

IRTF (Infra Red Telescope Facility)

この望遠鏡は、NASA が、ハワイ大学に寄託して、ハワイ大学が、運営と維持を行なうものだ。

光学望遠鏡を見なれている者には、この望遠鏡の“腕”の太さに、ビックリするだろう。架台は、クロウズド・ヨークつまり枠型だから、北極の方角は、見えない。その腕の厚さは 2 m もあって、この信じられない太さが、天頂角 60 度以内で、2 秒角という驚異的な絶対指向性を可能にしている。

この一室の望遠鏡コントロール室の壁に、昨年10月にオープンして以来、5月までの成果が“Scientific Highlights”として、貼ってあった。

思い出せるままに、書いておこう。

* OMC 1 の $\lambda \sim 20 \mu\text{m}$, 分解能 2 秒角のマップ

* OMC 1 の遠赤外ヘテロダイン分光

* $\lambda \sim 800 \mu\text{m}$ の太陽像

* $\lambda \sim 8 \mu\text{m}$ の木星スキャン

* オリオン星雲の $\lambda \sim 12.28 \mu\text{m}$ ($\text{H}_2\text{-S}(2)$) のフッリ・ペロー分光による線プロファイル

など 10 葉余りの図が、絵馬のように貼ってあった。

UKIRT (United Kingdom Infra Red Telescope)

イギリスは、口径 3.8 m の巨大な望遠鏡を擁している。鏡は“thin mirror”; これは、鏡体の厚さ対口径の比が従来のものと比較して 1/2 になっている。このように軽量化することによって、架台への負担が軽くなる。面精度に対する影響が懸念されるが、当初の目標 3 秒角をはるかに越えて、1.2 秒を実現している。

IRTF を見た眼には、ヨークや架台のひ弱さを心配に思うだろう。だが、ここに“thin mirror”の思想が生きている。全体に、モーターが裸のまま目出しに見えたり、ケーブルが、みっともなく張りめぐらされているのを見ると、イギリスという貧しい国の天文先進国としての意気と面目を感じる。イギリスは、A.A.T. (3.9 m, 赤外+光) UKIRT (3.8 m, 赤外) とカナリー諸島に、4.2 m**, 2.5 m を持つことになった。

CFHT (Canada-France-Hawaii Telescope)

昨年は、多くの人々が、“first light”を祝って、沸きだっていたのに、今年は、一度もドームの開いたのを見なかった。尋ねたところ、大幅な手直し(直接焦点部と計算機を結ぶケーブルの交換)作業をしているという。クロストークがあるとのことで、来年の本観測を旨ざして、技術者の往来が、はげしかった。

この CFHT の口径は、ESO の 3.6 m とほぼ同じだが、架台の構造は、まったく異なる。架台は、パロマーの 5 m 望遠鏡を思い出させる。北側ジャーナルには、直径 10 m の巨大なギヤが見える。鏡筒のトップは 3 つ(直接焦点)(カセグレン, 赤外)に交換できる。総予算が $\text{¥}100 \times 10^8$ というだけあって、お化粧が、おシャレな感じだ。これでフランスは、南天に 3.6 m ESO (使用権シェア 33%), 北天に 3.6 m CFHT (シェア 42.5%), 本国には、オートプロバンス 1.92 m, ピクデュ, ミディ 2.0 m を持ち、イギリスに拮抗する。

因みに西ドイツの国外発展は、スペインに向かう。カラ・アルト(スペイン)には、この 10 年間に 1.2 m, 2.2 m, 3.5 m の反射望遠鏡ならびに、シュミッ

** 計画中(ミラー研磨はすでに始められている)

* 京大理 Syuji Sato: A report on Mauna Kea Observatory

トカメラを擁して 1980 年代に向けて確実な布石をおいた。

JAPAN TELESCOPE?

日本は、一体どうなるのだろうか？

すでに4台の望遠鏡が、稼働をはじめたハワイに、今さら中口径などを置いたとして、存在理由があるだろうか。うまくスタートできて、できるのは5年後だ。

Becklin さんは、開口一番、日本の望遠鏡計画のことを尋ねてきた。ハワイ州側としては「No problem だ」という。「今さら？」という問いには「absolutely meaningful!!」という答えだった。

さて、今や世界第一級の望遠鏡を作ろうとすると、最低 $\text{¥}50 \times 10^8$ もの費用を要するだろう。UH 2.2m, IRTF 3.0m, UKIRT 3.8m は、ほぼこの価格だ。望遠鏡の寿命を30年だとすると $\text{¥}5 \times 10^5/\text{day}$ の減価償却になる。一方、一施設に20ないし30名の人たちが働いている。人件費は最低 $\text{¥}10^4/\text{day} \cdot \text{person}$ とすると、しめて一日で、 $\text{¥}7 \times 10^5$ が、雲散霧消することになる。今回私たちは、UH 2.2m のマシン・タイムを一週間もらったのだから $\text{¥}4.9 \times 10^6$ 稼いだことになる。一方、マウナ・ケア観測所側の要求は、ただ論文に MKO を使ったことを一行書くだけでよい。この方法だと、とても経済的に天文学ができる。JAPAN as Economic Animal にふさわしいかもしれない。

▷ 世界に開かれた施設

UKIRT は、基本的には、自国のみに限られているが、IRTF の施設と機器は、すべての天文学のコミュニティに開かれている。UH 2.2m も、公募を行なっている。昨年の初めての公募では、UKIRT は、2倍、IRTF は、3倍の競争率であった。今回、UH 2.2m と IRTF に応募したが IRTF の方は、不採用であった。その理由が通知されたが、もっともな理由であった。親切だが甘くはない。

(しかし、実際のプログラムを見ると、中には単純なものも見える。やはり、自明のことや、up-to-date なトピックス、要するに誰でも考えるような計画は、身内が優先されるのかもしれない。)

IRTF の運営のしかたを紹介しよう。

マシン・タイムの25%が、ハワイ大学関係に割り当てられ、残りの75%が、それ以外の“Visitor”に割り当てられる。一年の上半期(1~6月)は、前年の10月15日までに、下半期(7~12月)は、4月15日までに一定のformatに従って、ハワイ大学に提出する。Proposal Review Committee は、11月と5月に開かれ、そこで評価が行なわれる。全体の50%は太陽系に、残り半分が他の天文学の分野に向けられる方針だそうだ。

観測では、機器や望遠鏡については、すべての責任と権限が、オペレータ(3人交替)に委ねられている。観測者(天文学者)は、観測のプログラムのみを指示すればよい。

オペレータの他に、天文学者(Becklin, Capps, Telesco, Tokunaga, Wynn-Williams の5名交替)が一人付く。だから赤外線天文をやっていないなくても、充分観測することが可能だ。

▷ 赤外線天文学の人々

MKO で会った天文学者は、すべて欧米の人たちであった。アメリカ、イギリス、フランス、カナダ、オーストラリア、西ドイツの人たちである。若い人が多いのに驚く。Hildebrant さん、Becklin さん、Capps さんを除けば、大体30才代の人である。1ヶ月の観測期間中、他の施設を訪れて、彼らの観測を垣間みることができたので、その様子を書こう。

Gatley さんは、童顔の大男だ。UKIRT と IRTF の両方を渡り歩いては、どこでも、だれとでも、いつも議論をふっかけている。IRTF では、オーストラリアの Hyland, Terry-Jones と組んで、OH/IR 天体の赤外線同定(とても遠方の天体で、光では同定できない)をやっていた。電波で知られた位置に、2秒の精度でポインティングして、その後、そこを中心にして、スパイラル・スキャンで対応する赤外線天体を探索していた。2/3位が見つかるが、5分間探しても見つからないものもある。すべて赤外域で“赤化”の大きな天体である。

Hildebrant さんは、50才代、赤外線天文学では、最長老だろう。白髪の端正な方だ。シカゴ大学に所属し、この数年間は、MKO と KAO (Kuiper Airborne Observatory) で、遠赤外域とサブミリ波帯の測光がご専門である。私が訪れたときは、グロービュールを観測しておられた。グロービュールとは、黒くて、丸い吸収物質だが、この内、Bok のグロービュールが代表的である。大きさは、 $10^3 \sim 10^5$ AU で、質量は意外と軽いようだ。($\sim 10 M_{\odot}$ 位)

光学では、吸収となるため、Wolf 図法の外は、どうにも扱えない得体の知れない天体だ。サブミリ波、とりわけ遠赤外の観測が望まれていたものである。今回は、B133 と B335 を $\lambda \sim 350 \mu\text{m}$ で観測していた。観測自体は、まったくオートマチックで、予定の積分時間のあと、測定条件とともに、測定結果が、ハードコピーとなって、出力される。見ていると、とっても楽な観測だ。多少の高層雲(シラス)があっても、平気だそうだ。翌日、エネルギー分布スペクトルを見せてもらった。温度 $T \sim 15^{\circ}\text{K}$ 放射率 $\epsilon \sim \nu^{+1}$ のプランク関数によくフィットする。この温度は、星野バックグラウンド光による加熱から予想されていた平衡温度である。因みに典型的

な H II 領域だと、大体、波長 100 μm 前後に放射ピークを持つ。したがって、温度は、50 度前後になる。H II 領域では、中心にある OB 型の励起星が、加熱するためである。サブミリ、遠赤外の強度からグロービュールの質量は、 $\sim 20 M_{\odot}$ になるそうだ。富田君が星の数計測から求めた値と、ほぼ合う。Hildebrand さんは、この他、すでに Q.S.O. Seyfert 銀河、惑星などの測光をすませているとのことだった。

7 月 9 日には、UKIRT を訪れ、後半夜、観測を見せていただいた。Beckmann さん (Queen Mary College) と、同僚が、HCN の回転 ($J=4 \rightarrow 3$) 354 GHz ($\lambda \sim 850 \mu\text{m}$) で W 51 のマッピングを行っていた。日周を使ったドリフトスキャンで望遠鏡の前進、後退をくり返して、ほぼ一晩で、強度のヒストグラムが出てくる。HCN は、温度に、CS は、密度に敏感なので、この 2 種の分子をプローブとして、温度 T と密度 ρ のマップを描くのが、目標だそうだ。HCN のアイソマーである HNC 271 GHz ($\lambda \sim 1110 \mu\text{m}$) の DR 21 の強度分布も見せてくれた。夜が明けてから、月を使って校正、また、液体窒素で大気のゼロ点レベルを校正していた。うまく合わないのか下山中も、翌日宿舎でも議論していた。検出器は、自作の hot electron 効果型 InSb が、使われていた。サブミリ波のクライストロンは高価で、一個何百万円で何十時間しかもたないとこぼしていた。

一方、IRTF では、レーザー局部発振によるヘテロダイナミク分光で、オリオン CO 分子、 $J=6 \rightarrow 5$ ($\sim \lambda \sim 400 \mu\text{m}$) の分光をやって $V_{LSR} \sim 9.0 \text{ km/s}$ という結果を出していた。

Backmann くんは、志願して私たちの後を引継いで、一人で X 線バースターを観測することになったハワイ大学天文学教室の大学院生だ。彼は、MIT を卒業後、この大学院に移ってきた。彼は、この春に Master を得た。引き継ぎの前日、7 月 30 日にふらりとリュックサックを肩に、ぼくらのドームを訪れてきて、退屈なモニター観測の間、しばし語りあった。日本語を知りたがっていた。また MIT 時代の思い出を話してくれた。ある冬、ボストンに大雪が降ってコントロール室に近づけず、若い彼が突破して数日、SAS-3 と交信したという。

彼は、8 月 12 日まで、観測を続けたが、残念なことに、MXB 1730-335 は、その後も沈黙を続け、いたずらに計算出力シートの山を築いただけであった。その時彼に聞いたハワイ大学天文学教室の修士課程のカリキュラムを示そう。

第一学年 (M 1)

- Stellar Atmospheres (Radiative transfer): Heasley
- Planetary Atmosphere and Surface: Pilcher

- Astrophysical Spectra: Boesgaard and Greenstein
 - Stellar Interiors: Bonsack
 - Mathematical Methods: (Physics)
- 第二学年 (M 2)
- Galaxies and Cosmology: Stockton
 - Astronomical Techniques: Dyck
 - Interstellar Medium: Wynn-Williams
 - Non-thermal Radiation processes: Jefferies
 - Optics: (Physics)

パークレイ……宇宙赤外線分光学の夜明け

人に会ったのではなく、物に会っただけだが、今や赤外線分光の先頭に行くこのグループについて話しておきたい気がする。IRTF の作業場の片隅にあった木箱の中に、かれらのファブリペロー分光器を見たとき、深い感動を覚えた。見ばえの本当に粗末な、手細工のファブリペロー分光器であった。アルミの切れ端に接着した斜鏡、ヤスリでハツった跡など、まるで学生実験のような出来ばえだ。これが、あの銀河中心の水素分子の速度場を描き、NeIV (12.8 μm) で、M 82 の中心部の微分回転を描き、さらには CO 124.2 μm ($J=21 \rightarrow 20$), 118.6 μm ($J=22 \rightarrow 21$), OH 119.23, 119.44 μm ($J=5/2 \rightarrow 3/2$) などを発見したものだろうか？ すでに知っていた光学系のデザインから推測して、本物かあるいはプロトタイプ一号機におそらくまちがいあるまい。木箱の蓋にもちゃんと U. C. BERKELEY/GEBALLE, BECK, LACY, TOWNES らの名前があった。2 ミクロンサーベイの 1.5 m プラスチック望遠鏡といい、このファブリペロー分光器といひみすばらしい機械が、しばしば開拓的な仕事をするというのは、皮肉な事実である。

そろそろぼくの東方見聞録も終わらねばならない。上松を手がけて 10 年、上松だより (天文月報 1976 年 4 月号) を書いて 5 年……。代々の院生たちとともに、維持にのみ汲々として、歳月を費している間に、東方に浮かぶ小島で、赤外線天文学は大きく成長してしまった。ただ、上松が産んだ 20 篇余りの論文のうちには、炭素星 3.1 μ 吸収や、原始星赤外偏光のような、新しい仕事も出しえたことを思っ、その努力は無駄ではなかったのだと思う。今後、日本での自立は諦めて、海外に向うべきだろうか？ それとも、見込のうすい測光十分光 + 赤外線望遠鏡に淡い希望を賭けて追求しつづけるべきだろうか？

決心の時期が迫っているのに、まだ迷いが払拭できない。

最後になってしまいましたが、今回の学術調査に際し、東北大学理学部地球物理の齋藤尚生先生、湯元清文助手に大変な犠牲と労苦をかけました。深く感謝いたします。